

7GeV/c での反陽子-陽子反応の研究

著者	田中 昌
号	292
発行年	1970
URL	http://hdl.handle.net/10097/23577

氏名・（本籍）	たなかしょう 田中昌
学位の種類	理学博士
学位記番号	理第292号
学位授与年月日	昭和45年9月24日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
最終学歴	昭和36年3月 立教大学大学院修士課程修了
学位論文題目	7 GeV/c での反陽子-陽子反応の研究
論文審査委員	(主査) 教授 北垣敏男 教授 武田 暁 教授 鳥塚賀治

論 文 目 次

- (I) 序 論
 (II) 1. Production mechanismの概説
 A) Peripheral model
 B) ResonanceのDecay anglesの相互関係
 C) Diffraction dissociation
 2. Baryon resonanceの概観
 A) Resonanceの確認
 B) S=0 Baryon resonanceのsystematics
 (III) 実験上の手続
 A) Beam
 B) Bubble Chamber
 C) Scanning
 D) Measuring
 E) Computer programs
 F) Event identification
 G) Biases
 (IV) 実験結果の解析
 A) $\bar{p}p \rightarrow \bar{p}p$
 B) $\bar{p}p \rightarrow \bar{p}p\pi^0, \bar{n}p\pi^-, \bar{p}n\pi^+$
 C) $\bar{p}p \rightarrow \bar{p}p\eta$
 (V) 結 論
 Appendix A Kinematical Fitting Analysisにおける“Mass Variation Method”
 Appendix B Spin Density Matrix Elementsの計算
 Appendix C Longitudinal Phase Space解析

論文内容要旨

〔I〕 序 論

泡箱写真解析は素粒子物理研究に不可欠の手段であって、例えば素粒子研究の中心課題である Boson 及び Baryon Resonance の大半は泡箱写真解析なしには考えられないであろう。この泡箱写真解析による素粒子実験は我々が日本で初めて手掛けたものであり、最近数年間の努力の結果漸くその研究が実りつつある。

我々は Brookhaven National Laboratory の80インチ水素泡箱によって撮られた $7\text{GeV}/c$ $\bar{P}P$ film 約2万枚について、所謂 two-prong event の解析を行った。

この実験の目的は、

$$P\bar{P} \rightarrow \bar{P}P \quad (1.1)$$

$$\rightarrow \bar{P}P\pi^0, \bar{n}P\pi^-, \bar{P}n\pi^+ \quad (1.2)$$

$$\rightarrow \bar{P}P\eta \quad (1.3)$$

の反応をしらべることである。反応(1.1)の large angle scattering はこれ迄の data にくらべて我々の data が highest energy であるため、large angle 領域でおこる dip-bump structure の解釈をめぐって展開されつつある Regge Pole 理論等に check を入れる重要な意義がある。

反応(1.2)及び(1.3)では quasi-two body reaction,

$$\left. \begin{array}{l} \bar{P}P \rightarrow \bar{N}^*N \\ \rightarrow \bar{N}N^* \end{array} \right\} \quad (1.4)$$

における reaction mechanism をしらべると共に、 $N^*(N^*)$ の研究を行うことである。この見地から特に反応(1.3)では現在まで実験例の皆無に等しい $P\eta$ system に新しい resonance を確認することができた。

従来行なわれた $P\bar{P}$ 反応での two prong 解析の data をみると、 $1.6 \sim 7.0\text{GeV}/c$ でいづれも one constraint hypotheses に対して background level が高く、clear な結果が得られていない。当初、我々の行った解析も同じような傾向となったが、missing particle の mass を変化させて fitted x^2 の変化をみる方法 (Mass Variation Method) を考え、これを適用することにより event の signal-noise ratio を大巾に改善できた。Simulation program を使ってこの new method の check を行い、正しい fit 率は反応(1.3)で $\sim 52\%$ から $\sim 71\%$ になることが示された。

〔II〕 1. Quasi-two body reaction

Quasi-two body reaction における production mechanism については、(A) peripheral model (one-particle-exchange model) によって解釈が試みられ、absorption effect を考慮した modification がある。また (B) resonance の decay product の angular correlation から spin density matrix elements を決定し production mechanism とのつき合せを行うことも通常行われる。一方 (C) $I = 1/2$

N^* production では, high energy で diffraction mechanism が contribute しているという考えがある。

2. Baryon resonance

Baryon resonance の (A) 確認方法としては formation experiment と production experiment とに分けられる。また (B) baryon resonance の systematics として Regge pole model その他による試みが提出されている。

(III) 実験上の手続

Beam は antiproton であり, elastic scattering event を利用して, その momentum は $(6.894 \pm 0.035) \text{ GeV}/c$, また energetic δ -ray の momentum spectrum から beam purity は $(97.5 \pm 1.5)\%$ と定められた。film の scanning 及び measuring は我々が日本で初めて製作した scanning projector 及び measuring projector を使って行われた。Analysis に使われた computer program は我々の整備した WHISK-THRESH-GRIND-ANALY System で, HITAC 50 20 E 等の大型計算機が使われた。Event identification に際して序論に述べた Mass Variation Method が適用された。Event-selection の基準としては fault-flag, bubble density その他の information が考慮され更に (missing mass)² 及び x^2 の cut を入れる。得られた events の総計は elastic scattering 1523 events, single pion production 1182 events 及び eta production 156 events である。Bias について, 主として scanning の段階及び event analysis の段階での各種の check が行われた。

(IV) 実験結果の解析

(A) $\bar{P}P \rightarrow \bar{P}P$

$d\sigma/d|t| \sim e^{-B|t|}$ において, $t = 0.1 \sim 0.4 (\text{GeV}/c)^2$ で $B = 13.41 \pm 0.69 (\text{GeV}/c)^{-2}$ が得られ, $7.2 \text{ GeV}/c$ での counter experiment の結果 ($B = 13.15 \pm 0.47 (\text{GeV}/c)^{-2}$) と比較された。この角分布に対して optical model の prediction による absorption disk の半径は $\sim 1.3 F$ である。large angle scattering における dip ($|t| \sim 0.6$) 及び bump ($|t| \sim 0.8$) 構造に対しては Regge Pole 理論による prediction が data と比較された。

(B) $\bar{P}P \rightarrow \bar{N}N\pi$

反応 (1, 2) で $N\pi$ system の combination をとりその invariant mass plot 及び $N\pi$ system からの decay nucleon の角分布とから $N^*(1240)$, P_{33} 及び $N^*(1400)$, P_{11} の production が確認された。Chew-Low plot はこれらの resonance が peripherally につくられたことを示しており, $d\sigma/d|t| \sim e^{-B|t|}$ の fit の結果も $N^*(1240)$ 及び $N^*(1400)$ で夫々 $B = 17.9 \pm 1.6 (|t| = 0.02 \sim 0.14)$ 及び $B = 14.1 \pm 1.2 (|t| = 0.05 \sim 0.45)$, $(\text{GeV}/c)^{-2}$ が得られた。

$N^*(1240)$ は decay 角分布の analysis から one pion exchange で大よそ説明されるが, production 角分布をみると sharp cut off parameter $J_0 \sim 9$ となる。また $N^*(1400)$ では, $\bar{P}P \rightarrow \bar{N}N\pi$ において $\bar{P} \rightarrow \bar{n}\pi^-$, $P \rightarrow n\pi^+$ という dissociation を中心に検討してみると hexagonal plot その他から one pion exchange 以外の contribution のあることが suggest される。

(C) $\bar{P}P \rightarrow \bar{P}P\eta$

$P\eta$ system の invariant mass plot の 2 つの bump は, Chew-Low plot 及び $|t|$ 分布から resonance であると判断された。mass は $1570 \pm 20 \text{ MeV} (\Gamma = 90 \pm 45 \text{ MeV})$ 及び $1865 \pm 30 \text{ MeV} (\Gamma = 150 \pm 60 \text{ MeV})$ である。decay 角分布において, 最も selective な $|t| > 0.35$ 及び $1.50 \leq M(\bar{P}\eta) \leq 2.00 \text{ GeV}$ の event を exclude した plot から 2 つの resonance は $I = J = \frac{1}{2}$ である。

また ω plot から 2 つの resonance は相異なる production mechanism を経ている可能性が suggest され, 一方 $|t|$ 分布等の点からも 1865 MeV の resonance の double peak の可能性も check された。

V 結 論

- (1) elastic scattering の small angle region では, diffraction による角分布の slope は counter experiment の結果と一致し, 一方 large angle region での dip-bump 構造については optical model からの fit も行ったが Chiu et al による Regge Pole 理論からの prediction は一応我々の data を説明している。
- (2) $\bar{P}P \rightarrow \bar{N}N\pi$ 反応では, mass 分布, production 角分布及び decay 角分布から $N^{**}(1240)$ 及び $N^{**}(1400)$ の evidence が得られた。 $N^{**}(1240)$ は absorptive one-pion-exchange, $N^{**}(1400)$ には one pion exchange の外に $I = 0$ exchange の contribution のあることが suggest された。
- (3) $\bar{P}P \rightarrow \bar{P}P\eta$ では $P\eta$ system において $N^{*}(1570)$ 及び $N^{*}(1865)$ の存在が確認された。これは $P\eta$ system での最初の direct evidence である。いずれも $I = J = \frac{1}{2}$ と考えられる。これらの resonance の production mechanism については判然としないが, 両者は相異なる process を経ている可能性が示された。これら production mechanism に関する問題については, 更に data の蓄積が必要であり, 特に incident momentum を変えた実験が待たれる。

論文審査結果の要旨

田中昌の論文は泡箱写真の解析により反陽子と陽子との反応を研究し、反応機構および終状態における核子-中間子共鳴状態を追求したものである。論文は5章及び附3章よりなり、第1章序論では研究の目的及び問題点が上げられる。第2章では反応の機構が概観され、また核子共鳴系の実験的追求法、理論的整理が概説されている。第3章は泡箱写真解析により行なわれる研究の方法を写真撮影より測定、計算機による解析まで詳述したもので、著者がこの研究方法を日本に定着させるために蓄積した努力を示す貴重な記録である。第4章は7GeV/c 反陽子-陽子反応の解析結果を述べたもので本論文の主要部をなすものである。先づ反陽子-陽子弾性散乱の大角度におけるdip構造の確認とRegge pole理論による説明がある。次に非弾性散乱として1中間子生成反応が解析されているが、これは多くの新しい知見を含む。即ち1パイ中間子生成においては、核子-パイ中間子共鳴状態として1236, 1470MeVの共鳴を確認しその生成機構を論じているが、後者を明確な断面積の山として取り出したことは全く新しいことである。またエータ中間子生成において核子-エータ中間子共鳴状態を観測し得て、1570, 1865MeVに共鳴の山を示しその崩壊角分布より S_{11} 及び P_{11} または S_{11} の量子数を与え得た。これは何れも新しい知見である他、今後のこの領域における核子共鳴状態の研究に対する確実な基礎を与えたものであってその価値は非常に高い。第5章はまとめであり、附3章中には上記の諸結果を得る基となった新しい力学的解析法: Mass Variation Method等が述べられている。

以上の如く本論文は新しく創案された力学的解析法にもとづき、反陽子-陽子反応より核子共鳴状態に関する数多くの新しい知見を得たものであって、素粒子物理学に対する貢献は大であると考えらる。

よって田中昌の論文は理学博士の論文として合格と認める。